

KARAKTERISASI BLOK REM KERETA API BERBAHAN BESI COR DAN Al-SiC BERDASARKAN KEKUATAN UJI TARIK DAN HARGA IMPAK

Senen *), AP. Bayuseno **)

Abstract

The train is currently trusted by the people of Indonesia as a cheap and safe means of transportation. One from that must be met by a train is a reliable braking system. Generally the train brake block material is used gray cast iron brake block.

One of materials based composite as a substitute for train brake block are the Al-SiC (Aluminium Silica Carbida). The Al-SiC composite material has hard and soft properties. Aluminium (Al) as a matrix and SiC as reinforcement. Metal material composite used for the reseach is Al-SiC composite with composition of SiC 15%, 10%, and 15% made through a process of stir casting. The specimens were tested tensile strength and impact tests. The test of results : tensile test for cast iron = 188.56 MPa; aluminium = 131.97 MPa; Al-SiC 5% = 127.17 MPa, 10% = 136.41 MPa dan 15% = 107.26 MPa. The result of the energy absorbed of impact test are cast iron = 2.17 Joule; aluminium = 8.67 Joule; Al-SiC 5% = 4.00 Joule, 10% = 4.67 Joule and 15% = 2.83 Joule.

From the result of test, so replacement of cast iron brake material block is composite brake material block with a composition 10% of AL-SiC.

Key words : gray cast iron, aluminium-silicon carbide, tensile strenght test and impact test.

Pendahuluan

Blok rem adalah suatu komponen kereta api yang habis dipakai. Blok rem kereta api adalah salah satu komponen yang paling sering perlu diganti. Umumnya material blok rem kereta api yang digunakan adalah besi cor. Dimana sifat dari besi cor adalah material yang berat, mahal dan mudah aus. Alternatif material pengganti blok rem besi cor adalah blok rem komposit. Dengan perkembangan-nya Komposit Matrik Logam (KML) semua kebutuhan tersebut akan dapat teratasi. Bahan komposit matriks logam adalah kombinasi dua atau lebih bahan sesuai dengan sifat fisis yang dikehendaki dengan cara memadukan unsur kandungan-kandungan yang ada. Karena blok rem komposit bersifat lebih ringan, lebih murah, dan ketahanan blok rem dapat ditingkatkan sampai 3 kali lipat bila dibandingkan dengan blok rem dari besi cor. Bahan bakunya hampir 90% dari dalam negeri dan ramah lingkungan.

Salah satu material berbasis komposit adalah Al-SiC (*Aluminium Silicon Carbida*) karena material ini memiliki sifat keras dan ringan. Dimana aluminium (Al) sebagai matriks (material utama) dan SiC sebagai penguatnya. Aluminium memiliki kelebihan yaitu memiliki bobot yang ringan, tahan terhadap korosi serta rem berbahan komposit adalah tidak memiliki nilai jual bahan bekasnya tidak ekonomis anti pencurian.

Logam Aluminium bila ditinjau dari sifat mekanik, seperti nilai kekerasan (*hardness*) sangat rendah. Oleh karena itu logam Aluminium sebagai material memiliki banyak kelemahan, terutama kekuatan mekanik, kekakuan dan koefisien muainya. Kelebihan dari logam Aluminium antara lain memiliki bobot yang ringan, tahan terhadap korosi dan mudah dibentuk (Zhongliang Shi, et. all., 2001). Salah satu

cara untuk meningkatkan kekerasan logam adalah melakukan penguatan pada logam tersebut dengan cara ditambah dengan material yang keras, misalnya bahan keramik. Jenis keramik yang biasa digunakan dan paling keras adalah SiC. (Jamaliah, 2003).

Raharjo (2010) dan Khristian (2009) meneliti pembuatan Al-SiC dengan metode *stir casting* untuk pembuatan komponen blok rem kereta api. Penelitian ini melakukan pembuatan Al-SiC dengan metode *stir casting*, dengan modifikasi fraksi penguat. Variasi parameter penambahan penguatan adalah 5, 10 dan 15% SiC. Hal-hal yang diteliti meliputi komposisi kimia dengan berbagai variasi komposisi bahan, uji tarik dan uji impak. Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah hasil kekuatan tarik dan harga impak.

Penggunaan blok rem untuk kanvas kereta api di Indonesia yang biasa digunakan adalah yang berbahan *cast iron*, di mana bahan ini sudah dimulai sejak warsa terakhir. Blok rem yang materialnya menggunakan besi cor mempunyai berat 11 kg, sehingga mempersulit proses pemasangan atau biaya pemasangan cukup besar.

Salah satu upaya yang telah ditempuh adalah menggabungkan dua material penyusunnya, yaitu matriks dan penguat yang disebut dengan komposit. Bahan komposit antara lain : resin, serat dan *filler*. Jenis-jenis bahan untuk blok rem kereta api adalah besi cor kelabu (*gray cast iron*) dan Al-SiC.

Komposit adalah perpaduan dari beberapa bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusunnya untuk menghasilkan material yang baru dan unik. Berbagai macam penguat misalnya SiC dan Al₂O₃. Berdasarkan bahan matriks yang digunakan, maka komposit dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok, yaitu : komposit matriks logam (*Metal Matrix Composite/ MMC*)

*) Staf Pengajar Jurusan D3 T.Mesin FT Undip

**) Staf Pengajar Jurusan S2 T.Mesin FT undip

logam sebagai matriks, komposit matriks polimer (*Polimer Matrix Composite/ PMC*) polimer sebagai matriks, dan komposit matriks keramik (*Ceramic Matrix Composite/ CMC*) keramik sebagai matriks. Sedangkan berdasarkan jenis penguatnya, maka material komposit dapat dijelaskan sebagai berikut : *particulate composite*, penguatnya berbentuk partikel, *fibre composite*, penguatnya berbentuk serat dan *structural composite*, cara penggabungan material komposit.

Material KML Al-SiC dengan *particulate* akan memberikan sistem penguatan yang lebih homogen dan fabrikasinya jauh lebih murah dibandingkan dengan penguat dalam bentuk fiber. Beberapa sifat mekanik KML dengan berbagai macam penguat (SiC dan Al₂O₃) diperlihatkan pada Tabel 1, di mana sifat material KML dengan penguat SiC memiliki kekuatan paling besar.

Tabel 1. Sifat mekanik material KML dengan berbagai penguat (Saranavanan, 1998)

Material	Temperatur Cair (K)	Tegangan Terapan (MPa)	Laju Retakan (% /jam)	Tegangan Batas (σ_0)/MPa
1 vol % SiC / 7075 Al	773	22	1.1×10^{-9}	19.3
20 Vol % Al ₂ O ₃ (P) / A16061	773	6.9	1.1×10^{-4}	1.7

KML Al-SiC juga dapat digunakan sebagai *electronic packaging* maupun untuk *thermal barrier*. Pada

Tabel 2, diperlihatkan sifat-sifat KML Al-SiC dengan berbagai komposisi.

Tabel 2. Sifat-sifat KML Al-SiC (CPS Technology, 2008)

Sifat Material	AlSiC-9	AlSiC-10	AlSiC-12
Aluminium Alloy (A 356.2)	37 vol %	45 vol %	63 vol %
Silikon karbida	63 vol %	55 vol 5	37 vol %
Densitas (g/cm ³)	3.01	2.96	2.89
Modulus Young (GPa)	188	167	167
Modulus Geser (GPa)	76	67	69
Perpanjangan	0.295	N/A	N/A
Kekerasan	11.3	11.7	N/A
Ketahanan elektrik	20.7	20.7	20.7

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat mekanik, ketahanan terhadap korosi dan hantaran listrik yang baik. Material ini digunakan dalam bidang yang luas bukan hanya untuk peralatan rumah tangga saja tetapi juga dipakai untuk kepentingan industri, misal untuk industri pesawat terbang, komponen-komponen mobil, kapal laut dan konstruksi-konstruksi yang lain. Tata nama cor dan panduan tempa telah dikembangkan. Untuk paduan tempa sistem empat digit digunakan untuk menghasilkan daftar komposisi tempa sebagai berikut: 1xxx komposisi-komposisi bukan paduan (murni) yang terkontrol dan 2xxx paduan di mana tembaga adalah elemen paduan utama, meskipun unsur-unsur lain, terutama magnesium, dapat ditentukan. Komposisi pengecoran dijelaskan dengan sistem tiga-digit diikuti dengan nilai desimal. Keluarga paduan untuk komposisi pengecoran adalah: 1xx.x komposisi-komposisi bukan paduan (murni) yang terkontrol, terutama untuk pembuatan rotor dan 2xx.x paduan dimana tembaga adalah elemen paduan utama, tetapi unsur-unsur paduan lainnya dapat ditentukan.

Keramik SiC mempunyai kuat tekan sebesar 4600 MPa, dan koefisien ekspansi termal yang rendah, yaitu : $4.51 - 4.73 \mu\text{m/m}^\circ\text{C}$ (Zheng Ren dan Sammy Lap Ip Chan, 2000). Sifat – sifat SiC yang paling istimewa adalah : daya hantar panas tinggi, tahan pada temperatur tinggi, nilai kekerasan tinggi, tahan kejutan termal dan tahan terhadap korosi.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan bahan aluminium, serbuk SiC dan blok rem besi cor. Persentase komposisi kimia aluminium A6061-T6 yang digunakan : Al 98,07; Si 0,478; Fe 0,491; Cu 0,121; Mn 0,0599; Mg 0,411; Cr 0,0166; Ni 0,0206; Zn 0,155; Sn <0,0500; Ti 0,0170; Pb 0,0734; Be < 0,0001; Ca 0,0558; Sr < 0,0005; V < 0,0100; Zr 0,0173. Penelitian menggunakan beberapa alat meliputi dapur peleburan, cetakan, thermometer digital dan jangka sorong, Alur penelitian adalah penentuan topik; studi literatur; proses pembuatan spesimen komposit antara aluminium-serbuk SiC dengan komposisi Al 95% SiC 5%, Al 90% SiC 10%, Al 85% SiC 15%; pengujian tarik; pengujian impak dan analisa data.

Hasil Dan Pembahasan

Bahan dibuat spesimen sebanyak 3 buah dan dilakukan pengujian tarik dan pengujian impak. Pengujian tarik menggunakan alat uji tarik *Universal Testing Machine*. Spesimen besi cor, gaya maksimal yang diaplikasikan pada alat uji tarik adalah 10 ton sedangkan spesimen aluminium dan komposit Al-SiC

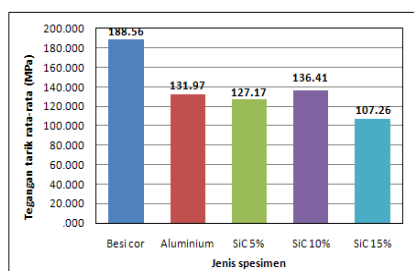
5%, 10% dan 15% dengan gaya maksimal 4 ton. Hasil pengujian tarik didapatkan besarnya gaya patah yang terjadi dapat dilihat pada alat dengan skala persentase dari gaya maksimal yang diaplikasikan pada spesimen. Pengujian impak dengan cara mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut, menggunakan metode Charpy.

Tabel 4. Hasil tegangan tarik, perpanjangan dan harga impak untuk spesimen besi cor, aluminium dan komposit Al-SiC.

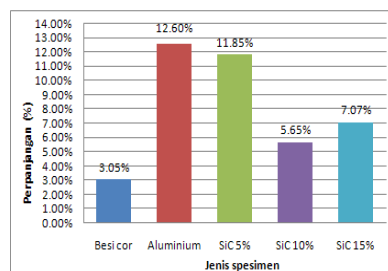
	Tegangan tarik (MPa)		Perpanjangan (%)		Harga impak (J/mm ²)	
Besi cor	188,35	188,56	3,28	3,05	0,026	0,027
	185,70		2,80		0,024	
	191,63		3,08		0,031	
Aluminium	127,88	131,97	11,28	12,60	0,108	0,101
	135,03		11,28		0,097	
	133,02		15,24		0,098	
Al-SiC 5%	115,90	127,17	13,80	11,85	0,048	0,049
	142,45		12,36		0,055	
	123,16		9,40		0,043	
Al-SiC 10%	97,22	136,41	8,72	5,65	0,063	0,058
	156,49		5,68		0,061	
	155,53		2,56		0,049	
Al-SiC 15%	117,35	107,26	8,08	7,07	0,031	0,035
	109,48		5,84		0,030	
	94,96		7,28		0,044	

Hasil perhitungan tegangan tarik, persentase perpanjangan dan pengujian impak pada pengujian besi cor,

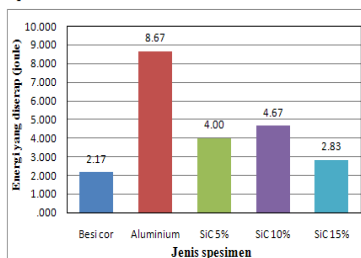
aluminium dan komposit Al-SiC disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Grafik hasil perhitungan tegangan tarik untuk Besi Cor, Aluminium, dan Komposit Al-SiC



Gambar 8. Grafik hasil persentase perpanjangan Besi Cor, Aluminium dan Komposit Al-SiC



Gambar 9. Grafik hasil pengujian impak Besi Cor, Aluminium dan Komposit Al-SiC

Analisa hasil pengujian tarik besi cor sebesar 188,56 MPa, aluminium sebesar 131,97 MPa, penambahan komposisi SiC 5% sebesar 127,17 MPa, penambahan komposisi SiC 10% sebesar 136,41 MPa dan penambahan komposisi SiC 15% sebesar 107,26 MPa. Nilai uji tarik blok rem berbahan komposit didapat nilai optimum pada komposisi SiC 10%

sebesar 136,41 MPa. Secara umum terjadi penurunan nilai uji tarik aluminium, SiC 5%, SiC 10% dan SiC 15% terhadap besi cor. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan variasi persentase komposisi SiC pada bahan blok rem kereta api menyebabkan bahan menjadi getas, sehingga menghasilkan nilai uji tarik yang menurun. Pada perhitungan tegangan tarik rata-

rata tertinggi adalah Aluminium dalam penelitian diperoleh nilai sebesar 131,87 MPa, sedangkan pada jurnal sebesar 160 MPa. Jadi tegangan tarik Aluminium tidak memenuhi syarat. Maka dalam penelitian yang akan datang perlu dievaluasi materialnya agar tegangan tarik dapat memenuhi syarat.

Analisa hasil persentase perpanjangan komposit SiC 5% angka yang tertinggi sebesar 13,08% akhirnya menurun menjadi 9,40% (terendah), menunjukkan perubahan persentase perpanjangan terhadap material komposit campuran yang tidak merata untuk nomer sampel spesimen 1, 2 dan 3. Dibandingkan dengan komposit SiC 10% pada persentase perpanjangan tertinggi sebesar 8,72% dan akhirnya menurun (terendah) pada nomer sampel spesimen 3 yaitu sebesar 2,56%, hal ini berpengaruh pada campuran material komposit (tidak merata). Dengan memperhatikan grafik tersebut bahwa untuk persentase perpanjangan yang tertinggi adalah aluminium dengan nilai tertinggi sebesar 15,24% dan terendah sebesar 11,28%. Jadi persentase perpanjangan terjadi pada material aluminium yang paling tinggi karena material tersebut bersifat ulet. Dalam penelitian, persentase perpanjangan rata-rata tertinggi aluminium sebesar 12,60%, dalam jurnal persentase perpanjangan aluminium minimal sebesar 5%. Jadi pengujian pada aluminium telah memenuhi syarat.

Analisa hasil pengujian menghasilkan nilai hasil uji impact besi cor sebesar 2,17 Joule, aluminium sebesar 8,67 Joule, penambahan komposisi SiC 5% sebesar 4,00 Joule, penambahan komposisi SiC 10% sebesar 4,67 Joule, dan penambahan komposisi SiC 15% sebesar 2,83 Joule. Nilai uji tarik blok rem berbahan komposit didapat nilai optimum pada komposisi SiC 10% sebesar 4,67 Joule. Secara umum kenaikan nilai uji impact aluminium, SiC 5%, SiC 10%, dan SiC 15% terhadap besi cor. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan variasi persentase komposisi SiC pada bahan blok rem kereta api, menyebabkan terjadinya peningkatan penyerapan energi impact pada bahan tersebut. Semakin besar energi yang diserap maka blok rem kereta api tersebut akan semakin tahan terhadap pembebanan yang secara tiba-tiba. Harga impact rata-rata yang tertinggi adalah aluminium diperoleh nilai sebesar 0,101 Joule/mm², harga impact tersebut belum memenuhi syarat pada jurnal yaitu sebesar 5,5 Joule/mm². Dikarenakan jenis material dan usaha patah (energi yang diserap) kecil.

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa besi cor menghasilkan nilai sebesar 188,56 MPa, aluminium sebesar 131,97 MPa, SiC 5% sebesar 127,17 MPa, SiC 10% sebesar 136,41 MPa dan SiC 15% sebesar 107,26 MPa. Dari hasil

pengujian tarik nilai besi cor lebih besar dari spesimen yang lainnya.

2. Nilai hasil uji tarik untuk variasi persentase komposisi SiC didapat pada nilai optimum komposisi 10% dengan nilai uji tarik sebesar 136,41 MPa.
3. Nilai persentase perpanjangan yang diperoleh besi cor sebesar 3,05%, aluminium sebesar 12,60%, SiC 5% sebesar 11,85%, SiC 10% sebesar 5,65% dan SiC 15% sebesar 7,07%. Dari hasil pengujian perpanjangan, material aluminium lebih tinggi disebabkan material aluminium bersifat ulet.
4. Dari hasil pengujian impact menunjukkan bahwa aluminium menghasilkan nilai impact yang lebih besar yaitu sebesar 8,67 Joule.
5. Terjadi peningkatan nilai uji impact pada variasi persentase komposisi SiC terhadap besi cor. Nilai hasil uji impact untuk variasi persentase didapat pada nilai optimum komposisi 10% dengan nilai uji impact sebesar 4,67 Joule.

Daftar Isi

1. CPS Technology Corp., 2008, Data Sheet Al/SiC Properties for Electronic Packaging and Thermal Management Solutions, USA
2. Jamaliah Idris, 2003, *Kajian Sifat Keausan dan Kekerasan Komposit Matriks Aluminium*, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
3. Raharjo E. Nugroho, 2010, *Karakterisasi Sifat Mekanik Komposit Matriks Logam Al/SiC Pada Bahan Rem Kereta Api*, Universitas Diponegoro, Semarang.
4. Santoso Adi Khristian, 2009, *Sintesis Komposit Matriks Logam Al/SiC Pada Bahan Rem Kereta Api*, Universitas Diponegoro, Semarang.
5. Saranavanan., R.A., 1998, *Dry Sliding Wear Behavior of A356-15 Pct SiC_p Composites under Controlled Atmospheric Conditions*, *Metallurgical and Materials Transactions*.
6. Zheng Ren and Sammy Lap Ip Chan., 2000, *Mechanical Properties of Nanometrik Particulate Reinforced Aluminium Composites*, School of Materials Science and Engineering, UNSW
7. Zhongliang Shi, 2001, *The Oxidation of SiC Particle and Its Interfacial Characteristics in Al-Matrix Composites*, Journal of Material Science 36, pp. 2441-2449, Kluwer Academic Publiser.

